

BESCHREIBUNG

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM PRESSSCHWEISSEN MIT BERÜCKSICHTIGEN DER LÄNGENABWEICHUNGEN DER WERKSTÜCKEN

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Pressschweißen mit den Merkmalen im Oberbegriff des Hauptanspruches.

10 Derartige Verfahren und Vorrichtungen sind aus der Praxis in verschiedenen Ausführungen, z.B. als Reibschweißmaschinen oder Magnetarc-Schweißmaschinen bekannt. Die Pressschweißprozesse sind unter Einhaltung der geforderten Schweißgüte in der Praxis beherrschbar, wenn sich die Längentoleranzen der zu verschweißenden
15 Werkstücke oder Bauteile in relativ engen Grenzen bewegen und die Gesamtlänge des geschweißten Bauteils keinen engeren Toleranzen unterliegt. Probleme entstehen, wenn die Toleranzvorgaben für die Einzellängen der zu verschweißenden Werkstücke gelockert und/oder zugleich die
20 Toleranzen für die Gesamtlänge des fertigen, geschweißten Bauteils verschärft werden. In der Praxis werden z.B. beim Reibschweißen und insbesondere beim relativen Zeit-Reiben oder Weg-Reiben für die jeweilige Applikation entsprechende konstante Vorgaben für die Reibzeit oder den
25 Reibweg eingestellt, wobei die Vorgabe ab Bauteilberührung und unabhängig von der Ausgangslage der Werkstücke abläuft. Je nach Länge der Bauteile vor dem Schweißen ergeben sich Gesamtlängen, die um den Ausgangslagenfehler von der geforderten Länge nach dem Reibschweißen
30 abweichen. Dies bedeutet, dass die geschweißten Bauteile bei großen noch tolerierbaren Ausgangslagenfehlern entweder zu kurz oder zu lang sind.

35 Zur Behebung dieses Problems ist es aus der Praxis beim Reibschweißen bekannt, auf einen bestimmten absoluten Weg zu reiben. Hierbei werden die beiden Werkstücke nach dem Bauteilkontakt so lange aneinander gerieben, bis eine

voreingestellte Schlittenposition erreicht ist. Nach Erreichen dieser Position wird auf Stauchdruck umgeschaltet, wobei der Stauchhub mit vorgegebener Kraft und ohne Steuerung des Stauchwegs durchgeführt wird. Bei
5 dieser Variante besteht jedoch die Gefahr, dass bei zu kurzen Bauteilen und einem späten Bauteilkontakt der Reibweg nicht lang genug ist. Hierbei wird im Verhältnis zu wenig Reibenergie eingebracht, was wegen unzureichender Plastifizierung zu einer geringeren Stauchverkürzung und
10 dadurch zu einer übergroßen Gesamtlänge des geschweißten Bauteils führt. Bei zu langen Werkstücken verhält es sich umgekehrt. Der durch frühen Bauteilkontakt verlängerte Reibweg führt zu einer höheren Reibenergie und stärkeren Plastifizierung der Werkstücke im Kontaktbereich, was beim
15 anschließenden Stauchhub eine Bauteilverkürzung nach sich zieht.

Beim Kurzzeit-Reibschweißen wird der größte Teil der benötigten Energie beim Abbremsen der Spindel eingebracht.
20 Die Reibzeiten betragen in der Regel zwischen 0 und ca. 0,5 Sekunden. Diese Parametervariante wird in der Regel für Buntmetallschweißungen, für deren Kombinationen untereinander und für Kombinationen von Buntmetall mit Stahl angewendet. Die Bauteillänge nach dem Schweißen wird
25 hier auch über den Stauchdruck bzw. die Stauchkraft eingestellt. Es ergeben sich die gleichen Probleme wie bei den anderen Pressschweißverfahren, wenn die Endtoleranzen verschärft und zugleich die Ausgangstoleranzen der Einzelbauteile gelockert werden.

30 Die DE 34 13 203 C2 offenbart ein Verfahren zur Regelung eines Schwungkraft- oder Reibschweißvorgangs. Bei dieser Schrift werden der Vorschubweg bzw. das sog. Stauchmaß oder die Vorschubzeit während der Anreib- und Stauchphase
35 stets konstant gehalten und bei Auftreten von Prozessanomalitäten nachgeregelt. Dies geschieht durch eine Beeinflussung und Veränderung des Pressdrucks. Die

Referenz- oder Sollwerte für den Vorschubweg oder die Vorschubzeit werden aus Testschweißungen gewonnen. Sie bleiben im Serienbetrieb gleich und werden nicht verändert. Beim Serienschweißen erfolgt eine interne
5 Regelung der Istwerte von Weg oder Zeit des Vorschubs durch Druckänderung und auch nur während des Prozesses in Reaktion auf etwaige im Prozess entstehende Vorschub-Abweichungen. Eine Längenmessung der Bauteile vor dem Schweißen findet im Serienbetrieb nicht statt. Durch die
10 Konstantregelung des Vorschubs können zwar Längenabweichungen der Bauteile kompensiert werden. Dies geschieht durch die starre Sollwertvorgabe nur im Bereich der Reibphase. Bei Überlänge der Bauteile hat dies eine zu stark verlängerte Reibphase mit zu großer Plastifizierung
15 zur Folge. Bei Unterlänge der Bauteile sind die Reibphase und die Plastifizierung zu klein. Die im Prozess vorgenommenen Änderungen des Pressdrucks sorgen für ständig veränderte Schweißbedingungen. Die Schweißqualität unterliegt dadurch unkalkulierbaren Veränderungen und kann
20 nicht konstant gehalten werden. Die Längenkompensation der Bauteile geht dadurch zu Lasten der Schweißqualität.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein besseres Verfahren nebst Vorrichtung zum Pressschweißen
25 aufzuzeigen, die den geänderten Toleranzanforderungen gerecht werden können.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruch.
30 Die Erfindung ermöglicht ein toleranzgenaues Pressschweißen von Werkstücken unter Einhaltung der geforderten Schweißgüte. Durch eine Ermittlung von etwaigen Längenabweichungen der zu verschweißenden Werkstücke kann der Eingangs-Toleranzfehler genau
35 festgestellt und vor dem anschließenden Schweißvorgang durch Sollwertänderungen von ein oder mehreren Schweißparametern kompensiert werden. Die ermittelte

Längenabweichung Δl wird durch eine veränderte Plastifizierung und einen geänderten Stauchhub kompensiert. Mittels eines Korrekturfaktors C kann hierbei in Abhängigkeit von der festgestellten Längenabweichung
5 das Verteilungsverhältnis optimal eingestellt werden. Vorzugsweise wird hierbei die Werkstückplastifizierung über ein oder mehrere geeignete Prozessparameter und den Korrekturfaktor C beeinflusst. Die passende Stauchhublänge stellt sich dann im Prozess an Hand der
10 Plastifizierungsbedingungen von selbst ein.

Das beanspruchte Verfahren und die Vorrichtung lassen sich für die unterschiedlichsten Arten von Pressschweißverfahren einsetzen. Bevorzugte
15 Anwendungsbereiche sind das Reibschweißen und das Magnetarc-Schweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen. Beim Reibschweißen können die Prozessparameter Reibweg, Reibzeit oder Stauchdruck einzeln oder in Kombination geändert werden. Beim Magnetarc-Schweißen eignen sich zum
20 Beispiel die Zeit oder Geschwindigkeit des Lichtbogenumlaufs oder die Stauchkraft.

Für die verschiedenen Prozessparameter können jeweils angepasste Korrekturfaktoren C benutzt werden. Die
25 Korrekturfaktoren C werden vorzugsweise applikationsabhängig in Versuchsreihen gewonnen und in einer Technologiedatenbank abgespeichert. Hierbei ist es ferner möglich, für unterschiedliche Ausgangslängen der Werkstücke oder Bauteile bzw. unterschiedliche
30 Längenabweichungen Δl unterschiedliche Korrekturfaktoren C aus den Versuchen zu ermitteln und hierbei längenabhängige Grenzwerte zu bilden. Aus diesen kann im Serienbetrieb durch Interpolation der für die jeweils anstehende
Längenabweichung Δl erforderliche Korrekturfaktor durch
35 Interpolation zwischen den längenabhängigen Grenzwerten gewonnen werden.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

5

10

15

20

25

30

35

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielsweise und schematisch dargestellt. Im Einzelnen zeigen:

- 5 Figur 1: eine Reibschweißvorrichtung
 schematischer Darstellung und
 Seitenansicht,
- 10 Figur 2, 3 und 4: Bauteil- und Vorschublängen in drei
 unterschiedlichen Varianten für Bauteile
 mit korrekter, zu großer und zu kleiner
 Länge,
- 15 Figur 5: ein Diagramm von Weg, Drehzahl und
 Stauchdruck über der Zeit beim Weg-
 Reibschweißen mit Längenkompensation,
- 20 Figur 6: ein Diagramm von Weg, Drehzahl und
 Stauchdruck über der Zeit beim Zeit-
 Reibschweißen mit Längenkompensation und
- 25 Figur 7: ein Diagramm von Weg, Drehzahl und
 Stauchdruck über der Zeit beim Kurzzeit-
 Reibschweißen mit Längenkompensation.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung
(1) zum Pressschweißen von Werkstücken (2,3), die zunächst
an ihren benachbarten Grenzflächen unter Erwärmung
30 plastifiziert und anschließend durch einen Stauchhub
 gefügt werden. Die gezeigten Ausführungsbeispiele
 betreffen das Reibschweißen, wobei die Werkstücke (2,3)
 unter Druck und durch Drehung aneinander gerieben und
 durch die Reibwärme plastifiziert werden. Beim Magnetarc-
35 Schweißen mit einem magnetisch bewegten Lichtbogen wird
 zwischen den auf Distanz gehaltenen Werkstücken ein
 Lichtbogen gezündet und durch ein Magnetfeld in umlaufende

Bewegungen versetzt. Die Erwärmung der Werkstückgrenzflächen erfolgt hier durch den Lichtbogen. Ein derartiges Magnetarc-Schweißverfahren ist zum Beispiel in der DE 41 35 882 A1 beschrieben.

5

Figur 1 zeigt die Pressschweißvorrichtung in Form einer Reibschweißmaschine (1). Sie besteht aus einem Maschinengestell mit zwei beweglichen Einspannungen (5) für die beiden zu verschweißenden Werkstücke (2,3). Die
10 eine Einspannung (5) ist mit einer Dreheinheit (6) verbunden, welche das Werkstück (2) um seine Längsachse rotieren lässt. Das andere Werkstück (3) ist mit einer axialen Vorschubeinheit (7) verbunden, mit der das Werkstück (3) gegenüber dem rotierenden Werkstück (2) in
15 Richtung des Vorschubs s zugestellt werden kann. Die Dreheinheit (6) hat einen geeigneten Drehantrieb, z.B. einen steuer- und regelbaren Elektromotor, der die Spindel der Einspannung (5) direkt antreibt. Alternativ kann statt eines motorischen Direktantriebs ein Schwunghmassenantrieb
20 eingesetzt werden. Die Vorschubeinheit (7) hat ebenfalls einen geeigneten Antrieb, z.B. einen hydraulischen Zylinder zum Vorschub der Einspannung (5).

Die Reibschweißmaschine (1) besitzt eine Messeinrichtung
25 (8), die in unterschiedlicher Weise ausgebildet sein kann und unterschiedliche Messelemente besitzen kann. Dies können zum Beispiel ein Wegmesser (9) für den Vorschub s des Werkstücks (3), ein Zeitmesser (10), ein Kraft- oder Druckmesser (11) an der Vorschubeinheit (7) und
30 gegebenenfalls ein Längenmesser (12) sein. Die Dreheinheit (6) und die Vorschubeinheit (7) sowie die Messeinrichtung (8,9,10,11,12) sind mit einer Steuerung (13) der Reibschweißmaschine (1) verbunden, die eine elektronische Recheneinheit (14) mit mindestens einem Speicher (15) für
35 Prozessparameter, Programme und andere Daten aufweist. Der Recheneinheit (14) kann der Zeitmesser (10) zugeordnet sein.

Figur 2 bis 4 verdeutlichen unterschiedliche Situationen hinsichtlich der Ausgangswerkstücke (2,3) und des geschweißten Bauteils (4). Figur 2 zeigt die Anordnung in der Reibschweißmaschine (1) bei zwei Werkstücken (2,3) die exakt die Soll-Länge haben. Die beiden Werkstücke (2,3) werden mit axialer Distanz zueinander zu ihren Einspannungen (5) befestigt, wobei sie an einem jeweils rückwärtigen Anschlag in der Einspannung (5) dicht anliegen, dessen Position in der Axialrichtung bzw. Vorschubrichtung s genau bekannt ist. Bei den korrekten Werkstücken (2,3) ergibt sich ein Abstand bzw. ein Vorschubweg s_0 , um den die Vorschubeinheit (7) das Werkstück (3) axial bis zum Kontakt mit dem anderen Werkstück (2) verschieben muss. Über den Längenmesser (12), z.B. einen Kontaktsensor, kann hierbei der Vorschubweg s_0 genau festgestellt werden. Aus diesem Vorschubweg s_0 und der bekannten Position der rückwärtigen Anschläge in den Einspannungen (5) lässt sich die genaue Länge der beiden Werkstücke (2,3) in Kontaktposition ermitteln. Alternativ kann man die Ausgangslänge der beiden Werkstücke (2,3) auch auf beliebige andere geeignete Weise ermitteln.

Sobald die beiden Werkstücke (2,3) gemäß der zweiten Darstellung von Figur 2 am sogenannten Nullpunkt (16) Kontakt miteinander haben, werden sie mit ihren Berührungsflächen unter Druck relativ zueinander gedreht. Hierbei wird das Werkstück (3) durch die Vorschubeinheit (7) über den Reibweg s_{r0} weiter vorgeschoben. Beim Weg-Reibschweißen wird der Reibweg s_{r0} als Prozessparameter eingestellt. Bei der Alternative des Zeit-Reibschweißens wird die Reibzeit t_0 bei gegebenen und vorzugsweise konstantem Reibdruck bzw. Vorschubkraft als Prozessparameter eingestellt. Sobald der vorgegebene Reibweg s_{r0} oder die vorgegebene Reibzeit t_0 zurückgelegt sind, wird die Drehbewegung gestoppt und das Werkstück (3) im

Stauchhub axial vorwärts bewegt. Das Abschalten des Drehantriebs kann auch zu einem früheren Zeitpunkt erfolgen.

5 Beim Stauchhub wird das durch die Reibwärme plastifizierte Material im Kontaktbereich der Grenzflächen zumindest teilweise radial nach außen unter Bildung eines Reibschweißwulstes verdrängt, wodurch die Bauteillängen sich weiter verkürzen und die Schweißnaht (17) ein Stück
10 weiter vom Nullpunkt (16) weg wandert. Die dritte Darstellung in Figur 2 zeigt die Werkstücksituation am Ende des Reibwegs s_r . Die vierte Darstellung zeigt das fertig geschweißte Bauteil (4) und dessen Länge. Der Einfachheit und Deutlichkeit halber sind die
15 Verschiebungen und Wege entgegen der tatsächlichen Verhältnisse nur einseitig aufgetragen.

Figur 3 verdeutlicht die Situation bei Werkstücken (2,3) mit Überlänge. Im gezeigten Fall ist das Werkstück (3)
20 länger als der Sollwert. Das andere Werkstück (2) entspricht hingegen dem Sollwert. Dies ist ebenfalls eine vereinfachte Darstellung und kann in der Praxis auch anders sein.

25 Wie die erste Darstellung von Figur 3 verdeutlicht, verkürzt sich durch die Überlänge der Werkstücke (2,3) der Vorschub s_1 aus der Ausgangsstellung bis zum Kontakt der Werkstücke (2,3). Die sich hieraus durch Vergleich mit s_0 ergebende Längenabweichung Δl in der Gesamtlänge beider
30 Werkstücke (2,3) ist in der zweiten Darstellung von Figur 3 verdeutlicht. Wenn das geschweißte Bauteil (4) trotz Überlänge der Werkstücke (2,3) die richtige Endlänge haben soll, muss die Längenabweichung Δl_1 beim
35 Reibschweißvorgang kompensiert werden. Dies geschieht durch eine Sollwertänderung und einen verlängerten Reibweg s_{r1} . Der Reibweg s_{r1} ist allerdings kleiner als die

Längenabweichung Δl_1 , was durch einen nachfolgend näher erläuterten Korrekturfaktor C_s oder C_t für den Reibweg oder die Reibzeit eingestellt wird.

5 Durch den Korrekturfaktor C_s oder C_t für die Sollwerte der Prozessparameter beim Weg- oder Zeit-Reibschweißen wird bei der Kompensation der Längenabweichung Δl_1 berücksichtigt, dass sich bei einem verlängerten Reibweg auch der Stauchweg vergrößert. Durch den verlängerten
10 Reibweg bzw. die längere Reibzeit wird mehr Reibenergie an der Kontaktstelle eingebracht, was zu einer höheren Plastifizierung der Grenzflächen führt, so dass bei dem mit konstanter Kraft ausgeführten Stauchhub mehr Material aus dem Kontaktbereich verdrängt werden kann, was die
15 Länge des Stauchhubs vergrößert.

Figur 4 verdeutlicht den anderen Fall der Unterlänge von beiden Werkstücken (2,3) und dem entsprechend verlängerten Vorschub s_2 . Die Längenabweichung Δl_2 beider Werkstücke (2,3) ist zur Unterscheidung von der Überlänge mit einem negativen Vorzeichen versehen. Der Reibweg s_{r2} ist bei Unterlänge kürzer als bei korrekter Soll-Länge der Werkstücke (2,3) oder bei Überlänge. Der Reibweg oder die Reibzeit werden allerdings durch den Korrekturfaktor C_s
25 oder C_t so groß bemessen, dass die Erwärmung und Plastifizierung der Werkstücke (2,3) ausreichend groß ist, um in Verbindung mit dem gegenüber den anderen Ausführungsbeispielen entsprechend verkürzten Stauchhub zu einer korrekten Gesamtlänge des geschweißten Bauteils (4)
30 zu kommen.

Der Korrekturfaktor C_s oder C_t hat somit in den beschriebenen Fällen auch die Funktion eines Verteilfaktors, der den Anteil der Änderung von Reibweg und Stauchweg oder von Reibzeit und Stauchzeit bei der
35 Kompensation der Längenabweichung Δl_1 festlegt.

In den Diagrammen von Figur 5 und 6 sind die Verhältnisse von Weg s des Vorschubs und des Werkstücks (3), der Drehzahl n des gedrehten Werkstücks (2) und des Stauchdrucks oder der Stauchkraft p der Vorschubeinheit (7) über der Zeit aufgetragen. Die Werte s_1 , n_1 und p_1 geben hierbei die Verhältnisse bei Überlänge der Werkstücke (2,3) an. Die Werte s_2 , n_2 und p_2 stehen für die andere Variante der Unterlänge der Werkstücke (2,3). Die Werte s_0 , n_0 und p_0 repräsentieren die normalen Verhältnisse bei Soll-Länge der Werkstücke (2,3).

Bei dem im Diagramm von Figur 5 dargestellten Fall des Weg-Reibschweißens wird die Längenabweichung Δl_1 , Δl_2 durch eine Veränderung des Reibwegs s_r bzw. des entsprechenden Vorschubs der Vorschubeinheit (7) in Verbindung mit dem anschließenden Stauchhub kompensiert. Hierbei gelten folgende Bedingungen:

$$\begin{aligned} s_{r1} &= s_{r0} + \Delta s_1 \\ s_{r2} &= s_{r0} + \Delta s_2. \end{aligned}$$

Δs_1 gibt die Reibwegänderung bei Überlänge der Werkstücke (2,3) an und führt zu einem verlängerten Reibweg s_{r1} . Δs_2 trifft die Reibwegänderung bei Unterlänge und hat dementsprechend ein negatives Vorzeichen, was einen verkürzten Reibweg s_{r2} zur Folge hat.

Die erforderlichen Reibwegänderungen werden unter Berücksichtigung des Korrekturwerts C_s nach folgender Formel berechnet:

$$\begin{aligned} \Delta s_1 &= \Delta l_1 \cdot C_s \\ \Delta s_2 &= \Delta l_2 \cdot C_s. \end{aligned}$$

Die Längenabweichungen Δl_1 und Δl_2 sind vorzeichenabhängig. Bei Unterlänge ergibt sich ein negatives Vorzeichen.

5 Bei dem in Figur 6 verdeutlichten Zeit-Reibschweißen mit Längenkompensation wird der Prozessparameter der Reibzeit t eingestellt und verändert, wobei sich ein entsprechender Reibweg nebst Stauchweg ergeben. Hierfür gelten folgende Formeln:

10

$$t_1 = t_0 + \Delta t_1$$

$$t_2 = t_0 + \Delta t_2.$$

15

In diesen Fällen ist t_0 die bei Soll-Länge der Werkstücke (2,3) geltende Reibzeit. t_1 und t_2 sind die verlängerten oder verkürzten Reibzeiten bei Über- oder Unterlänge der Werkstücke (2,3).

20

Die Reibzeitänderungen Δt berechnen sich wie folgt:

$$\Delta t_1 = \Delta l_1 \cdot C_t$$

$$\Delta t_2 = \Delta l_2 \cdot C_t.$$

25

Ein Vergleich der Diagramme von Figur 5 und 6 zeigt, dass die eintretenden Kompensationen beim Weg-Reibschweißen und beim Zeit-Reibschweißen qualitativ gleich sind. In beiden Fällen ergibt sich je nach Längenabweichung Δl eine gleiche Verlängerung oder Verkürzung der Reib- und

30

Stauchwege, die nur im einen Fall weg-gesteuert und im anderen Fall zeit-gesteuert erreicht wird.

35

Für bestimmte Materialkombinationen, insbesondere Buntmetalle in Reinform, in Mischform mit anderen Buntmetallen oder in Mischform mit Stahl oder anderen Werkstoffen eignet sich ein drittes Reibschweißverfahren, das sogenannte Kurzzeit-Reibschweißen. Ein solches

Schweißverfahren ist zum Beispiel in der WO 97/01412 beschrieben. Die beiden Werkstücke (2,3) werden hierbei nur über eine sehr kurze Zeit bzw. über einen begrenzten Drehwinkel im Reibschluss gedreht und anschließend
5 gestaucht. Als Prozessparameter eignet sich in diesem Fall die Stauchkraft oder bei hydraulischen Vorschubeinheiten (7) der Stauchdruck. Zur Kompensation von Längenabweichungen Δl_1 , Δl_2 wird die Stauchkraft bzw. der
10 Stauchdruck verändert, wobei die Reibzeit oder der Reibwinkel unabhängig von der Werkstücklänge gleich bleibt. Eine Überlänge der Werkstücke (2,3) wird durch eine Erhöhung von Stauchkraft/Stauchdruck und eine Unterlänge durch Minderung von Stauchkraft/Stauchdruck kompensiert. Die Stauchwege ändern sich entsprechend, so
15 dass die geschweißten Bauteile (4) trotz unterschiedlicher Einzellängen der Werkstücke (2,3) am Ende wieder die korrekte Soll-Länge haben.

Hierbei gelten folgende Formeln:

20

$$p_1 = p_0 + \Delta p_1$$

$$p_2 = p_0 + \Delta p_2$$

25

p_0 , p_1 und p_2 sind die Werte für Stauchkraft/Stauchdruck bei Soll-Länge, Überlänge und Unterlänge der Werkstücke (2,3). Δp_1 und Δp_2 betreffen die Änderung von Stauchkraft/Stauchdruck bei Überlänge und Unterlänge, wobei für Δp_2 wieder entsprechend der Längenabweichung Δl_2
30 ein negatives Vorzeichen gilt.

Die Änderungen von Stauchkraft/Stauchdruck berechnen sich wie folgt:

35

$$\Delta p_1 = \Delta l_1 \cdot C_p$$

$$\Delta p_2 = \Delta l_2 \cdot C_p.$$

5 Die Korrekturwerte C_s , C_t und C_p , die nachfolgend
summarisch als Korrekturwert C bezeichnet werden, werden
vorzugsweise empirisch in Versuchsreihen gewonnen und
dabei auf die jeweils gültige Längenabweichung Δl bezogen.
In den Versuchsreihen werden die Korrekturfaktoren C
10 applikationsabhängig und vorzugsweise an Hand von Probe-
Werkstücken aus der Seriencharge ermittelt. Die
Versuchsreihen werden getrennt nach den verschiedenen
Pressschweißverfahren, zum Beispiel dem Weg-, Zeit- oder
Kurzzeit-Reibschweißverfahren durchgeführt. Innerhalb der
15 Versuchsreihen werden bei jeweils mehreren Probestücken
mit gegebener Soll-Länge, Überlänge und Unterlänge die
Änderungen von Reibweg, Reibzeit und Stauchkraft/Stauchhub
stufenweise variiert und die geschweißten Bauteile (4)
anschließend auf ihre Gesamtlänge und Toleranzabweichung
20 sowie zusätzlich auch auf die Schweißgüte geprüft. Für die
Schweißgüte werden entsprechende Tests durchgeführt. Aus
den Versuchsreihen ergibt sich, welche Änderungen von
Reibweg, Reibzeit und Stauchkraft/Stauchdruck mit Bezug
auf die Soll-Länge und eine bestimmte Über- und Unterlänge
25 zu korrekten Endlängen und Schweißgüten der Bauteile (4)
führen. Die Korrekturfaktoren C werden hierbei aus dem
jeweiligen Verhältnis der korrekten Änderungen von
Reibweg, Reibzeit und Stauchkraft/Stauchdruck zu gegebener
Längenabweichung Δl berechnet. Die Korrekturfaktoren
30 können sich hierbei in vielen Fällen als Konstanten
ergeben, die für alle im vorgegebenen Toleranzbereich
liegenden Längenabweichungen Δl im Wesentlichen gleich
bleiben. Falls die Korrekturwerte C variieren, werden
Ober- und Untergrenzen für die jeweils zugehörigen
35 maximalen Längenabweichungen Δl für Über- und Unterlänge
ermittelt, zwischen denen im späteren Serienbetrieb
interpoliert werden kann. Die ermittelten Korrekturwerte C

werden im Datenspeicher (15) der Steuerung (13) abgelegt, gegebenenfalls als Wertepaar zusammen mit der Längenabweichung Δl , für die sie gelten. Für die verschiedenen Applikationen und die differierenden Reibschweißverfahren werden die Korrekturwerte C getrennt ermittelt und gespeichert.

Im Serienbetrieb wird in der Pressschweißvorrichtung (1) zunächst die tatsächliche Länge der Werkstücke (2,3) und eine eventuelle Längenabweichung Δl durch den Längenmesser (12) ermittelt und an die Steuerung (13) gemeldet. Die Recheneinheit (14) fragt den gespeicherten zugehörigen Korrekturwert C ab und berechnet an Hand dessen die erforderliche Sollwert-Änderung für Reibweg, Reibzeit oder Stauchkraft/Stauchhub und steuert dann den Reibschweißvorgang entsprechend. Wenn bei den verschiedenen Pressschweißprozessen bestimmte Schweißprogramme gefahren werden, können die Korrekturwerte C in diesen Schweißprogrammen als Programmparameter abgelegt und gespeichert werden.

In den beschriebenen Ausführungsbeispielen werden die beeinflussten Prozessparameter in einer einfachen linearen Funktion mit konstanten Korrekturwerten C verändert. Dies genügt für viele Einsatzfälle. Für andere und ggf. komplizierte Einsatzfälle ist es alternativ möglich, die beeinflussten Prozessparameter in ihrer Charakteristik, insbesondere mit einem zeitlich und/oder örtlich variierenden Parameterprofil zu verändern. Dies kann sich z.B. bei den vorerwähnten Schweißprogrammen anbieten. Die Korrekturwerte C können variabel und zudem nicht linear veränderlich sein, indem sie z.B. eine Funktion der Zeit und/oder des Wegs darstellen.

Im Serien-Schweißbetrieb können die eingestellten Prozessparameter und Korrekturwerte C sowie die permanent oder zeitweise ermittelten Messwerte von Vorschubweg(en) (z.B. bis Bauteilkontakt, bis Ende des Reibwegs und bis
5 Ende des Stauchhubs), Bauteillängen, Längenabweichung Δl , Zeit, Stauchkraft/Stauchdruck etc. mit Zuordnung zu den einzelnen Werkstücken von der Steuerung protokolliert und gespeichert werden. Dies ist zum einen für die Qualitätsprüfung und -dokumentation von Vorteil.

10 Die gespeicherten Werte können darüber hinaus auch zur Prozessüberwachung und ggf. auch zur Prozessregelung untereinander verglichen werden, um eine Maschinendrift oder andere temporär im Betrieb auftretende und ggf.
15 variable Fehler feststellen und beheben zu können. Wenn z.B. bei einer Bauteilcharge die Bauteillängen bzw. die Längenabweichungen Δl nur in engen Grenzen variieren und wenn trotzdem die Gesamtvorschubwege stärker voneinander abweichen, spricht dies für eine Drift im Bauteilmaterial
20 oder im Prozessverhalten, die z.B. durch eine von der Steuerung anhand eines Überwachungs- und Regelungsprogramms automatisch durchgeführte Korrektur eines Prozessparameters und/oder eines Korrekturwerts C behoben werden kann.

25 Zusätzlich kann eine Plausibilitätsüberwachung der Schweißprozesse und der eingestellten Prozessparameter bzw. Korrekturwerte C durchgeführt werden, um Fehlschweißungen sicher zu verhindern. Zudem kann in der
30 Pressschweißmaschine (1) ein Anschlag (18) vorhanden sein, mit dem der Vorschub und insbesondere der Stauchhub auf einen Maximalwert begrenzt wird.

35 Abwandlungen der beschriebenen Ausführungsformen sind in verschiedener Weise möglich. Dies betrifft zum einen die Art der Pressschweißverfahren und der dafür eingesetzten

Vorrichtungen (1). Zum anderen können je nach
Schweißtechnik auch andere Prozessparameter eingestellt
und unter Berücksichtigung von Korrekturwerten C verändert
werden. Vorzugsweise wird bei dem Pressschweißverfahren
5 nur ein Prozessparameter zu Kompensation von
Längenabweichungen Δl verändert. Alternativ können mehrere
Prozessparameter verändert werden.

10

15

20

25

30

35

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Pressschweißmaschine, Reibschweißmaschine
	2	Werkstück
5	3	Werkstück
	4	geschweißtes Bauteil
	5	Einspannung
	6	Dreheinheit
	7	Vorschubeinheit
10	8	Messeinrichtung
	9	Wegmesser
	10	Zeitmesser
	11	Kraftmesser
	12	Längenmesser, Kontaktsensor
15	13	Steuerung
	14	Recheneinheit
	15	Speicher
	16	Nullpunkt
	17	Schweißnaht
20	18	Anschlag
	Δl_1	Längenabweichung von Soll-Länge, Überlänge
	Δl_2	Längenabweichung von Soll-Länge, Unterlänge
	s	Vorschub
25	s_0	Vorschub bis Nullpunkt bei Soll-Länge der Werkstücke
	s_1	Vorschub bei Überlänge der Werkstücke
	s_2	Vorschub bei Unterlänge der Werkstücke
	C	Korrekturfaktor
	C_s	Korrekturfaktor Weg
30	C_t	Korrekturfaktor Zeit
	C_p	Korrekturfaktor Stauchkraft/Stauchdruck
	sr_0	Reibweg bei Soll-Länge der Werkstücke
	sr_1	Reibweg bei Überlänge
	sr_2	Reibweg bei Unterlänge
35	Δs_1	Reibwegänderung bei Überlänge
	Δs_2	Reibwegänderung bei Unterlänge

- 19 -

Δt_1 Reibzeitänderung bei Überlänge
 Δt_2 Reibzeitänderung bei Unterlänge
 Δp_1 Stauchkraftänderung bei Überlänge
5 Δp_2 Stauchkraftänderung bei Unterlänge

10

15

20

25

30

35

PATENTANSPRÜCHE

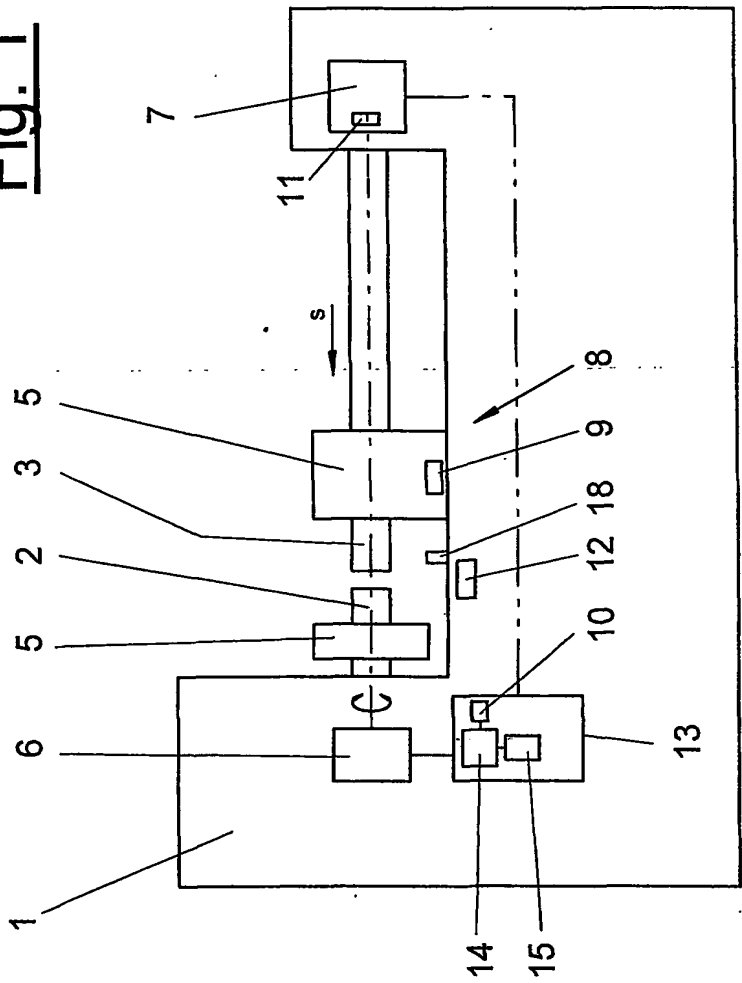
- 1.) Verfahren zum Pressschweißen, vorzugsweise Reibschweißen oder Magnetarc-Schweißen von Werkstücken (2,3), dadurch
5 g e k e n n z e i c h n e t, dass die Ist-Länge eines oder beider Werkstücke (2,3) und eine eventuelle Längenabweichung Δl von einem Sollwert gemessen wird und dass bei Längenabweichungen der
10 Sollwert von mindestens einem Prozessparameter, insbesondere Reibweg, Reibzeit, Lichtbogenzeit oder Stauchkraft, geändert wird, wobei für die Änderung ein Korrekturfaktor C ermittelt wird, mit dem die Längenabweichung Δl multipliziert wird.
15
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass der Korrekturfaktor C empirisch in Versuchsreihen
20 gewonnen wird.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass der Korrekturfaktor C applikationsabhängig ermittelt
25 wird.
- 4.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass die Versuchsreihen applikationsspezifisch an Probe-Werkstücken aus der
30 Seriencharge durchgeführt werden.
- 5.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass bei der Ermittlung des Korrekturfaktors C die Schweißgüte
35 berücksichtigt wird.

- 6.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass Ober- und Untergrenzen für Längenabweichungen Δl und für zugehörige Korrekturfaktoren C ermittelt und gespeichert werden, wobei im Schweißbetrieb der Korrekturfaktor C für gemessene Längenabweichungen Δl in diesem Bereich durch Interpolation ermittelt wird.
- 7.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass beim Reibschweißen mit einer Reibweg-Steuerung eine Reibweg-Änderung Δs als Produkt eines Korrekturfaktors C_s mit der Längenabweichungen Δl berechnet wird.
- 8.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass beim Reibschweißen mit einer Reibzeit-Steuerung eine Reibzeit-Änderung Δt als Produkt eines Korrekturfaktors C_t mit der Längenabweichungen Δl berechnet wird.
- 9.) Verfahren nach einem der Ansprüche, 1 bis 5, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass beim Reibschweißen mit einer Kurzzeit-Steuerung eine Stauchhub-Änderung Δp als Produkt eines Korrekturfaktors C_p mit der Längenabweichungen Δl berechnet wird.
- 10.) Verfahren nach Anspruch 10, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Stauchkraft verändert wird.
- 11.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Prozessparameter in seiner Charakteristik,

insbesondere mit einem zeitlich und/oder örtlich variierenden Parameterprofil verändert wird.

- 12.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
5 dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass ermittelte Korrekturwerte C mit Referenzangaben für die Werkstücke (2,3) in einer mit der Pressscheißmaschine (1) verbindbaren Datenbank gespeichert werden.
- 10 13.) Vorrichtung zum Pressschweißen, vorzugsweise Reibschweißen oder Magnetarc-Schweißen von Werkstücken (2,3), mit einer Vorschubeinheit (7), einer Steuerung (13) und einer Messeinrichtung,
15 dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Pressschweißvorrichtung (1) eine Messeinrichtung (12) für die Ermittlung der Ist-Länge eines oder beider Werkstücke (2,3) und einer Längenabweichung Δl aufweist, wobei in der Steuerung (13) bei einer
20 Längenabweichung Δl ein Sollwert von mindestens einem Prozessparameter, insbesondere Reibweg, Reibzeit, Lichtbogenzeit oder Stauchkraft, veränderbar ist, wobei die Steuerung (13) eine
25 Recheneinheit (14) zur Einstellung und Änderung von Sollwerten unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors C für mindestens einen Prozessparameter aufweist.
- 30 14.) Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Steuerung (13) programmierbar ist, wobei die Recheneinheit (14) mit mindestens einem Speicher (15) verbunden ist und ein Programm zur Ermittlung, insbesondere Interpolation, des Korrekturfaktors C aus gespeicherten
35 Vorgabewerten aufweist.

Fig. 1



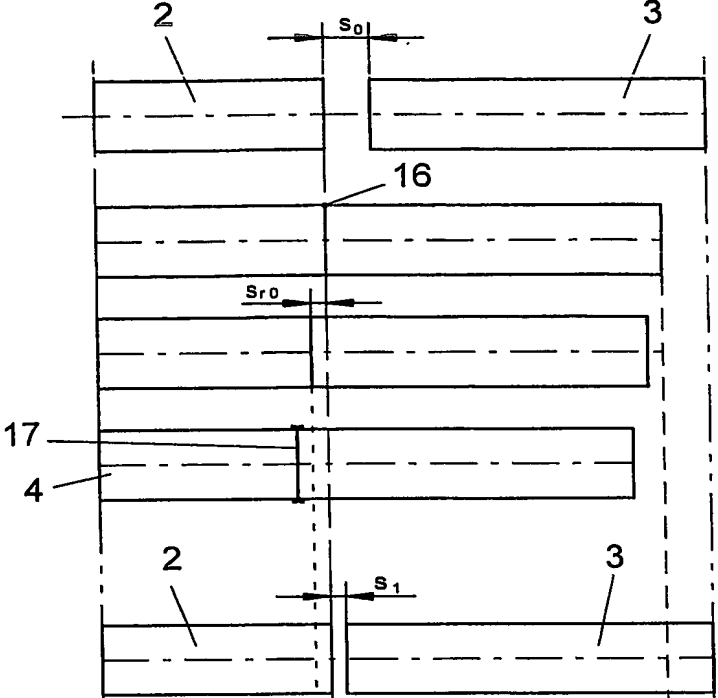


Fig. 2

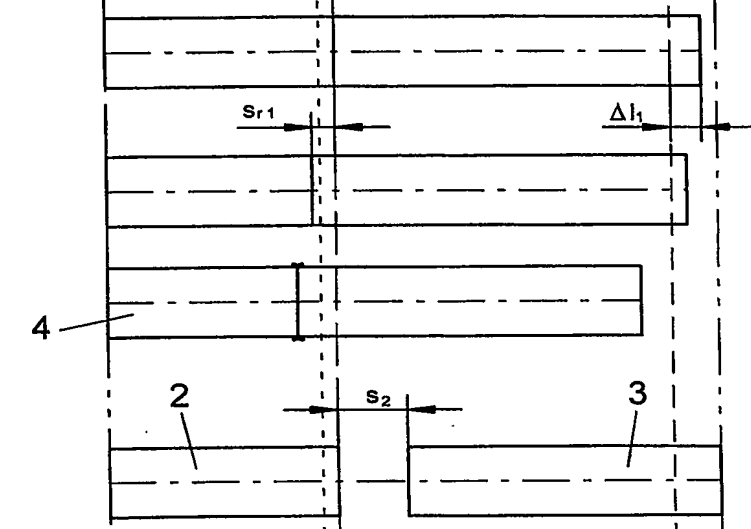


Fig. 3

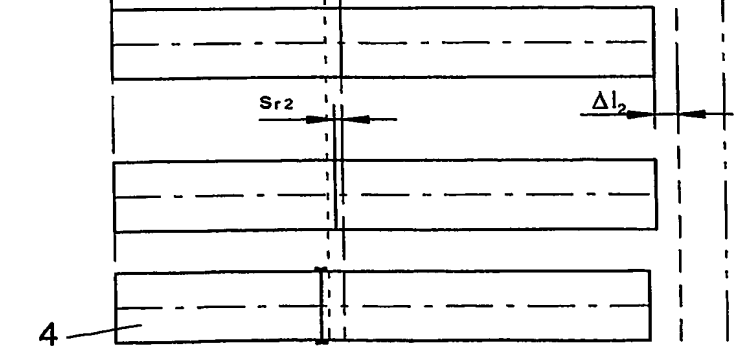


Fig. 4

Fig. 5

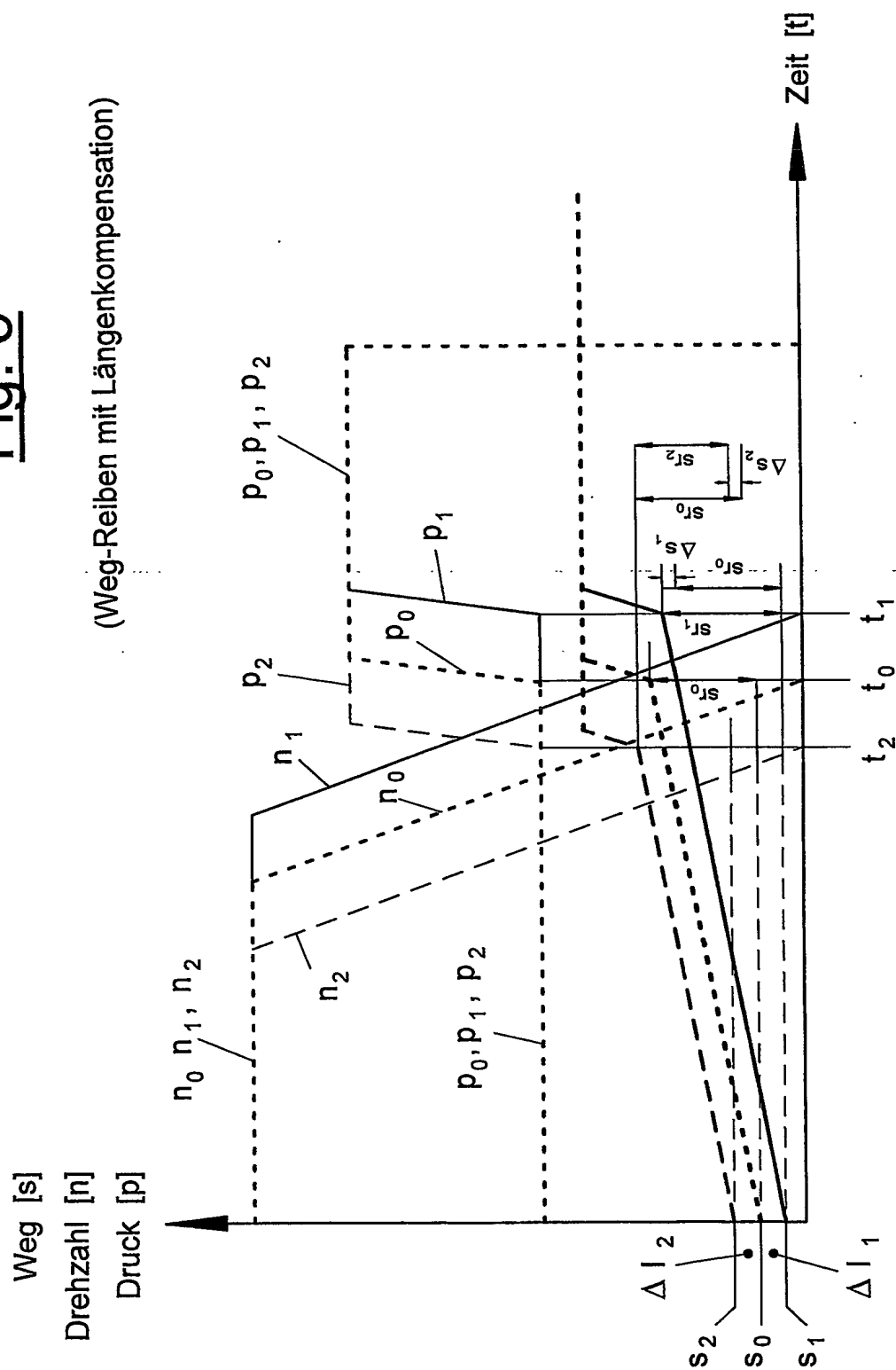


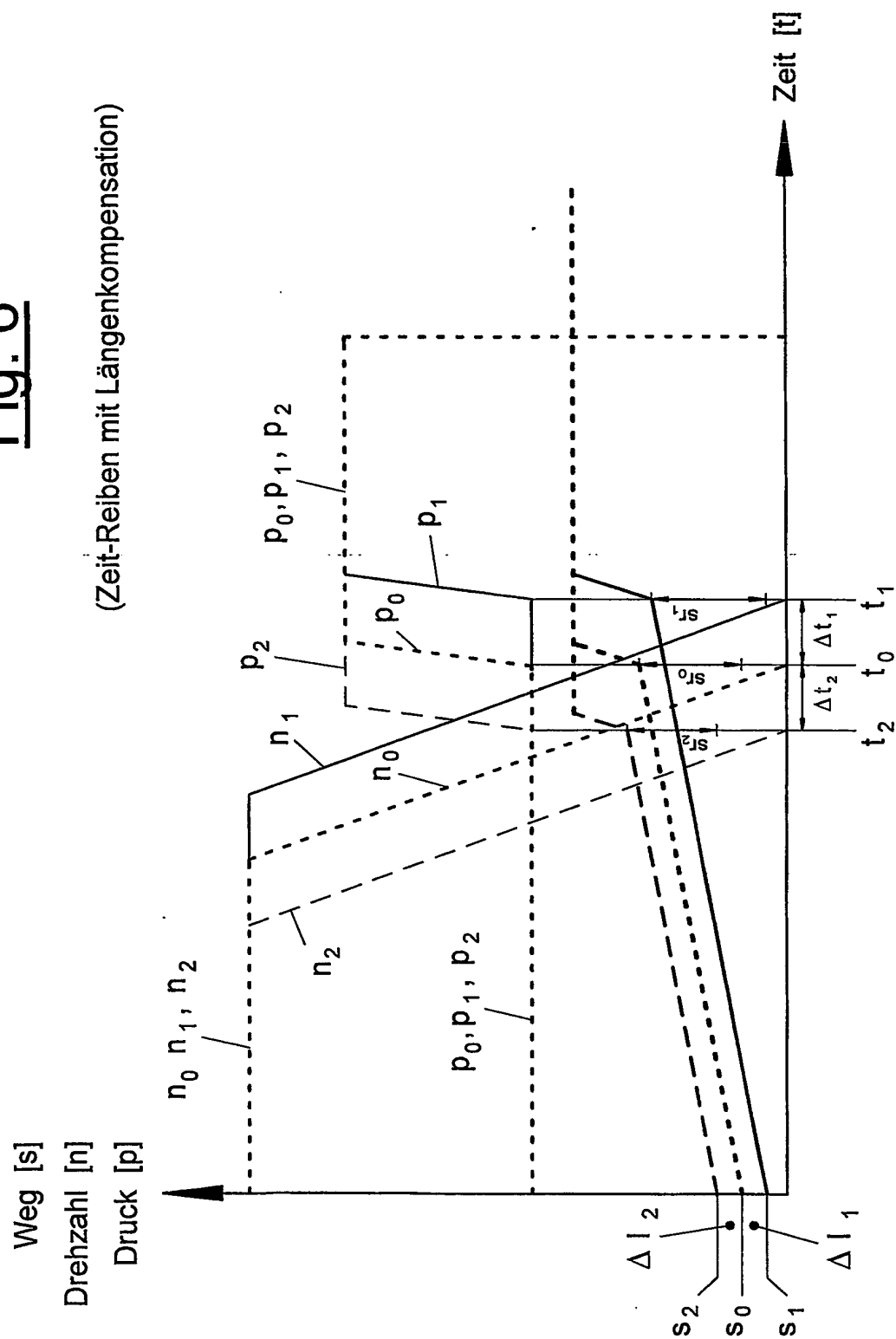
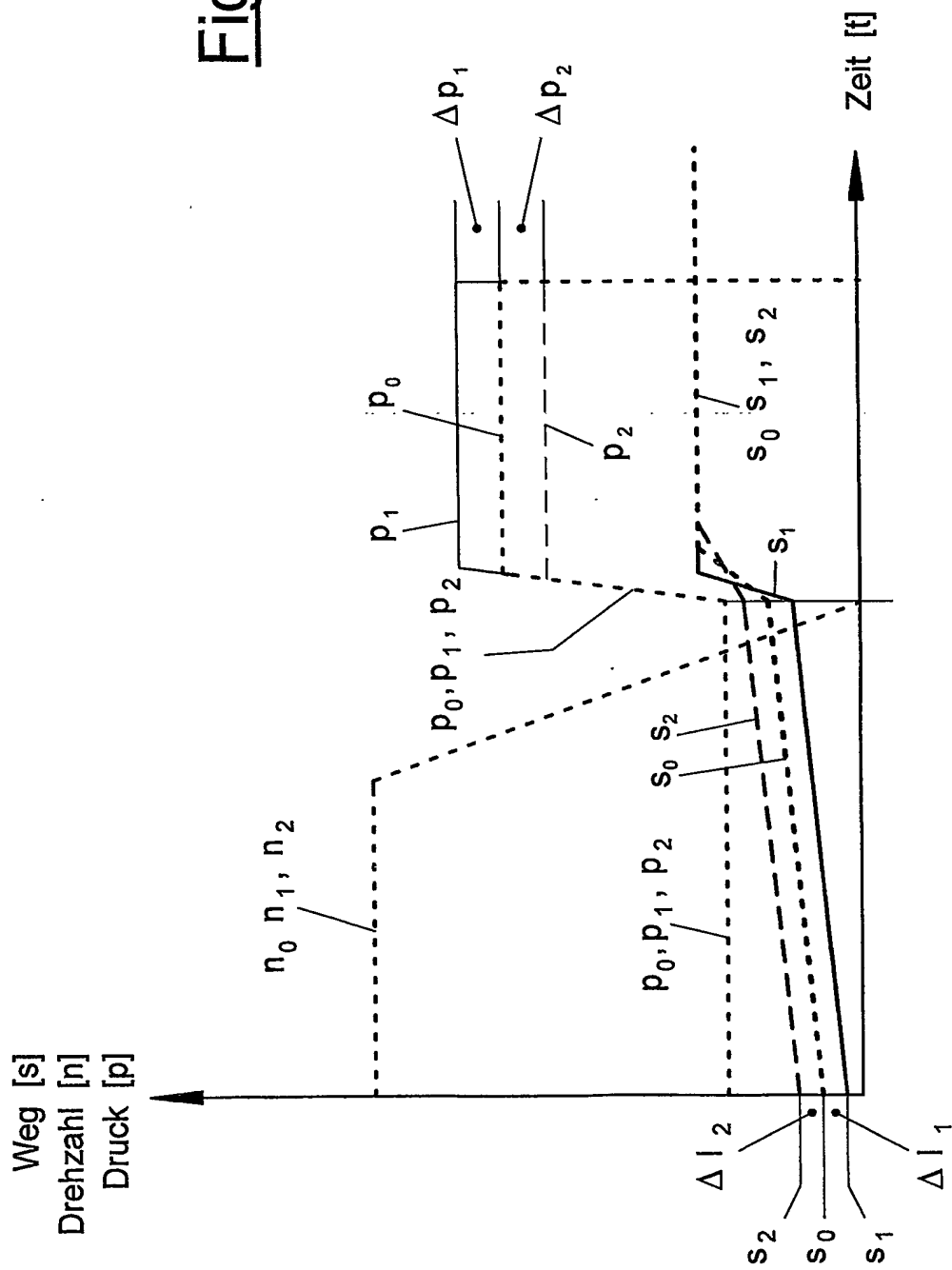
Fig. 6

Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/007064

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23K9/08 B23K20/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 998 373 A (T.M. JONES ET AL) 21 December 1976 (1976-12-21) column 1, line 51 - column 2, line 35 column 2, line 56 - column 3, line 66	1, 2, 4-7, 11-14
A	column 8, line 33 - column 9, line 19; claims; figures; table 1	3, 8-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 087 (M-1217), 3 March 1992 (1992-03-03) & JP 3 268884 A (TOSHIBA MACH CO LTD), 29 November 1991 (1991-11-29)	1, 3, 5, 13
A	abstract	2
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 October 2004

Date of mailing of the international search report

28/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jeggy, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007064

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 488 518 A (TRW INC) 3 June 1992 (1992-06-03) column 3, line 48 - column 4, line 38 column 6, line 48 - column 8, line 58; figures 3,4	1-14
A	----- US 3 732 613 A (K. STEIGERWALD) 15 May 1973 (1973-05-15) column 3, lines 32-63	1,13
A	----- US 2 988 936 A (D.J. CASH) 20 June 1961 (1961-06-20) column 6, line 45 - column 7, line 33; figures 2,3	1,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/007064

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3998373	A	21-12-1976	NONE	
JP 3268884	A	29-11-1991	JP 1987649 C JP 7022833 B	08-11-1995 15-03-1995
EP 0488518	A	03-06-1992	US 5030815 A EP 0488518 A2 JP 1923570 C JP 4266481 A JP 6051226 B	09-07-1991 03-06-1992 25-04-1995 22-09-1992 06-07-1994
US 3732613	A	15-05-1973	DE 1963546 A1 FR 2073985 A5 GB 1329834 A JP 49029413 B	24-06-1971 01-10-1971 12-09-1973 03-08-1974
US 2988936	A	20-06-1961	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007064

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23K9/08 B23K20/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 998 373 A (T.M. JONES ET AL) 21. Dezember 1976 (1976-12-21) Spalte 1, Zeile 51 - Spalte 2, Zeile 35 Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 3, Zeile 66	1,2,4-7, 11-14
A	Spalte 8, Zeile 33 - Spalte 9, Zeile 19; Ansprüche; Abbildungen; Tabelle 1	3,8-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 016, Nr. 087 (M-1217), 3. März 1992 (1992-03-03) & JP 3 268884 A (TOSHIBA MACH CO LTD), 29. November 1991 (1991-11-29)	1,3,5,13
A	Zusammenfassung ----- -/--	2



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jeggy, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007064

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 488 518 A (TRW INC) 3. Juni 1992 (1992-06-03) Spalte 3, Zeile 48 - Spalte 4, Zeile 38 Spalte 6, Zeile 48 - Spalte 8, Zeile 58; Abbildungen 3,4	1-14
A	US 3 732 613 A (K. STEIGERWALD) 15. Mai 1973 (1973-05-15) Spalte 3, Zeilen 32-63	1,13
A	US 2 988 936 A (D.J. CASH) 20. Juni 1961 (1961-06-20) Spalte 6, Zeile 45 - Spalte 7, Zeile 33; Abbildungen 2,3	1,13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007064

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 3998373	A	21-12-1976	KEINE		
JP 3268884	A	29-11-1991	JP	1987649 C	08-11-1995
			JP	7022833 B	15-03-1995
EP 0488518	A	03-06-1992	US	5030815 A	09-07-1991
			EP	0488518 A2	03-06-1992
			JP	1923570 C	25-04-1995
			JP	4266481 A	22-09-1992
			JP	6051226 B	06-07-1994
US 3732613	A	15-05-1973	DE	1963546 A1	24-06-1971
			FR	2073985 A5	01-10-1971
			GB	1329834 A	12-09-1973
			JP	49029413 B	03-08-1974
US 2988936	A	20-06-1961	KEINE		